

## РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЪЕКТОВ ТЕХНИКИ

*Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А.,  
Донецкий национальный технический университет,  
Херсонский государственный морской институт*

*На базе анализа общих принципов построения функционально-ориентированных технологических процессов и технических систем показана потребность комплексного дополнения их новыми принципами функционально-ориентированного проектирования и конструирования, объединенных общей целью – оптимизацией условий эксплуатации, ремонта и утилизации изделий, что делает данную задачу не только комплексной (триединой), но и полностью замыкает возможную систему.*

*Ключевые слова: функционально-ориентированные технологические процессы, комплексное функционально-ориентированное проектирование и конструирование, технологические и социально-экономические факторы.*

**Введение.** Работа относится ко всем отраслям техники, в которых проектируются, изготавливаются и эксплуатируются различные изделия и состоящие из них технические системы.

**Анализ состояния проблемы, цели и задачи работы.** В настоящее время научно-технический прогресс привел к развитию информационно-ориентированных специальных технологий. В промышленном производстве он обусловил дальнейшее развитие технологий машиностроения, в т.ч. – создание их качественно новых видов. К ним относятся функционально-ориентированные технологии (ФОТ) изготовления изделий [1].

Большим недостатком традиционных технологий машиностроения является то, что в них не учитывают нано-, микро- и макроособенности эксплуатации изделий и их изменяющиеся закономерности, в т.ч. объемно-пространственной структуры. В таком виде традиционные технологические процессы изготовления изделия обычно обеспечивают эксплуатационные свойства всего изделия или его элементов. При этом приспособляется обычно все изделие к максимальным условиям эксплуатации, что ведет к повышению себестоимости его изготовления, либо эти особенности не учитываются, что ведет к снижению эксплуатационных свойств изделия [1].

Если в традиционных технологиях деталь рассматривают как простое множество исполнительных поверхностей, ограничивающих ее объемно-пространственную структуру, то в ФОП ее представляют как иерархическое структурированное множество, состоящее в целом из семи иерархических подмножеств исполнительных элементов: 1) уровень изделия; 2) уровень частей изделия (сборочных единиц); 3) уровень деталей; 4) уровень рабочих зон детали; 5) уровень макрозон в рабочих зонах; 6) уровень микрозон;

7) уровень нанозон. На этих уровнях могут быть выделены составляющие исполнительные (функциональные) элементы таких видов: поверхностная (плоская) точка, объемная точка, поверхностная (плоская) линия, объемная линия, поверхность, приповерхностные слои, объем. И воздействие на них в технологических операциях должно быть строго дифференцированным, в зависимости от функциональных особенностей эксплуатации этого участка, что даёт возможность полностью адаптировать изделие к особенностям его эксплуатации и обеспечить максимальный потенциал его возможностей [1].

Таким образом, ФОТ – это специальная технология, базирующаяся на реализации множества алгоритмов топологически точно ориентированного необходимого технологического воздействия орудий и средств обработки в необходимые нано-, микро-, макрозоны и участки детали и изделия, которые функционально соответствуют условиям эксплуатации каждой из этих зон. Их применение позволяет максимально повысить общие эксплуатационные параметры изделия за счет увеличения технических возможностей и свойств его отдельных элементов, поверхностей и/или зон в строгой зависимости от функциональных местных особенностей их эксплуатации. Хотя новый класс технологий усложняет процесс изготовления изделий, но он обеспечивает полную совокупность свойств и меру полезности изделий машиностроения требованиям их эксплуатации, что выводит ФОТ на качественно новый уровень технологий, как совокупность: обычных технологий, макро-, микро- и нанотехнологий [1]. Поэтому разработке ФОТ должны предшествовать:

1) анализ особенностей эксплуатации изделия на всех его уровнях и формирование структуры эксплуатационных функций,

2) деление изделия на функциональные элементы по уровням «глубины технологии» и их классификация.

Их дополняет 3-й этап разработки ФОТ – формирование маршрута технологического процесса на базе дифференцированных и прецизионных принципов ориентации технологических воздействий на всех 7 уровнях, таким образом, происходит рекуррентное замыкание последовательности данной методики проектирования [1].

Вместе с тем, в работе [1] отмечено, что процесс создания ФОТ требует постоянного совершенствования, поскольку не в полном объеме разработаны принципы их создания.

Цель данной работы – доработать иерархическую структуру ФОТ с учетом полного жизненного цикла изделия, включающего проектирование, конструирование, изготовление, эксплуатацию, ремонт и утилизацию. Решение данных вопросов составляет научную новизну выполняемой работы, поскольку в исходной работе [1] они не рассмотрены в полном объеме.

Поиск путей реализации поставленной цели является актуальным, в рамках все более широкого применения ФОТ. Практическое значение выполняемой работы заключается в разработке нового системного подхода повышения технико-экономических показателей на всем жизненном цикле

изделий, а также в оказании помощи ученым, конструкторам, технологам и пользователям новых объектов техники и технических систем всех уровней сложности в их создании, изготовлении, исследовании и эксплуатации.

**Поиск путей реализации поставленной цели.** В основу поиска положен вывод о том, что в известных ФОТ не учтен весь жизненный цикл изделий, а только его часть – изготовление и эксплуатация, хотя цикл включает еще и проектирование, конструирование, ремонт и утилизацию. Например, важность учета полного жизненного цикла подтверждает факт, что для изделия, получившего неудовлетворительные функциональные и эксплуатационные показатели при проектировании и конструировании, никакие ФОТ не смогут их устранить, хотя и способны их в какой-то мере уменьшить. Для принципиально новых конструкций эта проблема является наиболее острой, что показывает, например, практика одной из наиболее прогрессивных отраслей современного производства – судостроения. Любая созданная новая базовая конструкция судна, как технический комплекс, решающий изначально поставленную задачу на базе отличных, хороших, компромиссных и проблемных идей и их технических воплощений, затем дорабатывается конструктивно и технологически, как для устранения имеющихся недостатков, так и для решения новых задач, вытекающих из реальных условий и потребностей эксплуатации судна. Поэтому ФОТ имеет решающее значение для уже конструктивно отработанных изделий, в первую очередь – унифицированных.

Таким образом, технологическая задача изготовления возникает как результат проектирования изделия, и совершенствуется параллельно ему, хотя и для новых изделий решение этой задачи наиболее целесообразно на основе принципов ФОТ и модульного проектирования технологических процессов по заранее отработанным алгоритмам.

Аналогичная картина учета значимых факторов имеет место для потребности утилизации. Ее можно пояснить на примере производства и эксплуатации полимеров, не разлагающихся в почве сотни лет, что в итоге повлекло включение в них добавок, ускоряющих данный процесс.

Таким образом, потребность учета всех этапов жизненного цикла изделий при его разработке, изготовлении, эксплуатации и утилизации можно считать доказанной. Поэтому в данной работе предложена ее общая структурная схема, показанная на рисунке 1.

Особенностью предлагаемой структурной схемы является не только дополнение этапа производства изделий, связанного в ФОТ с этапом их эксплуатации – еще двумя парами взаимосвязанных переходов жизненного цикла: проектированием и конструированием, ремонтом и утилизацией, но и новый вид, в котором проектирование, конструирование и производство имеет общую точку, что сделано впервые. Объясняется эта схема тем, что данные процессы являются взаимосвязанными, поскольку проектирование и конструирование без учета производства не может быть оптимальным, а

возможности производства, как обратная связь, влияют на проектирование и конструирование.



Рисунок 1 – Общая структурная схема жизненного цикла изделия

Кроме того, для реализации производства необходимо проектирование технологических процессов, а также проектирование и конструирование приспособлений, режущих и контрольно-измерительных инструментов, и других сопутствующих технологических, технических и организационных систем. И весь этот триединый комплекс направлен на обеспечение оптимальных условий эксплуатации, ремонта и утилизации изделий и технических систем.

Основываясь на разработанной схеме (рис. 1) исходный вариант создания новой техники – функционально-ориентированные технологии (ФОТ), следует развить до «комплексно ориентированной разработки (КОР) техники и технологий», охватывающих все этапы ее жизненного цикла.

**Развитие методологических принципов создания и производства новых объектов техники.** Предложенная в работе [1] общая объектно-ориентированная модель синтеза структур комплексного функционально-ориентированного технологического процесса производства изделий ФОТ, составляет лишь часть триады КОР, и ее необходимо дополнить новыми подобными структурами для этапов проектирования и конструирования.

Новая исходная структура показана на рисунке 2, ее отличием от предложенной в работе [1] является объединение признаков макросистемы в одну общую переходную точку, поскольку они связаны между собой как напрямую, так и перекрестно, и каждая из сфер может влиять друг на друга в любой комбинации. Кроме того, в каждой из сфер этой макросистемы могут быть выделены, как объекты, так и процессы (для сфер, созданных человеком, последние можно считать технологиями), что также дополняет исходную иерархическую структуру работы. Поскольку для технологий эта структура в работе [1] представлена достаточно полно, в предлагаемой на рисунке 2 структуре она не приводится, а основное внимание уделено объектам техники.

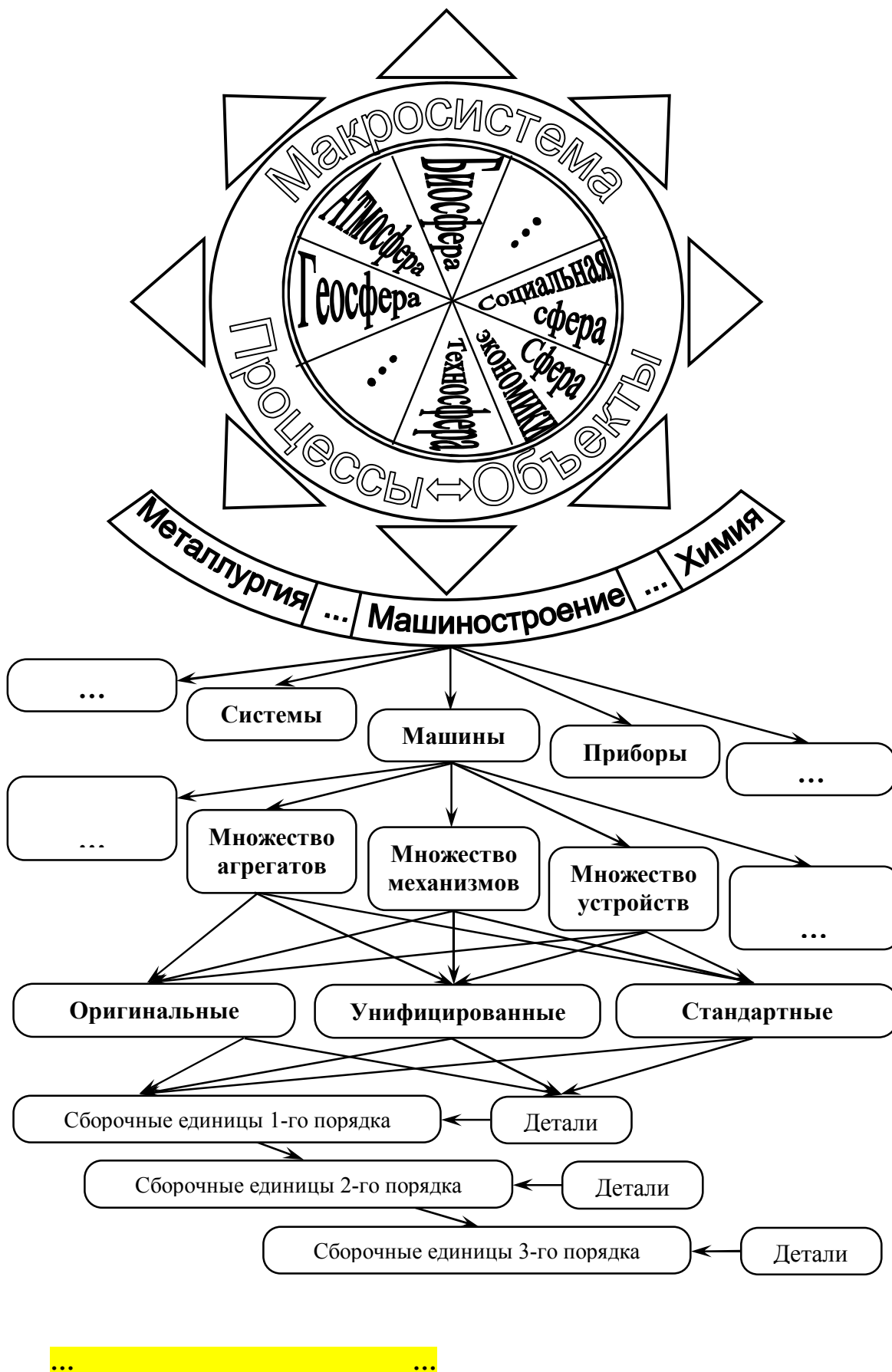


Рисунок 2 – Иерархическая структура макросистемы для объектов техники

Подобно иерархической структуре технологий [1], для техносферы объекты техники зависят от отраслевой структуры. В машиностроении это будут машины, приборы, механизмы, устройства и др. системы, которые в свою очередь можно разделить по назначению, а для каждого из них выделить множества оригинальных, унифицированных и стандартных изделий, составленных из сборочных единиц 1-го, 2-го и более высоких порядков сложности и составляющих их деталей, среди которых также можно выделить оригинальные, унифицированные и стандартные.

Следует учесть, что принципы ФОР достаточно полно разработаны в [1], в том числе в сфере понятий и терминологии, а принципы КОР требуют их уточнения.

Понятие "проектирование" (от латинского *projectionus* – взгляд вперед) следует рассматривать, как комплекс не только оптимальных, но и перспективных для будущего развития научно обоснованных технических решений, охватывающих разработку технико-экономического обоснования, выполнение расчетов, чертежей, макетов, смет, пояснительных записок и других материалов, необходимых для создания или реконструкции изделия. Следует учесть также многообразие методов проектирования, которое обусловлено разнообразием его целей, объектов и средств. Например, по целям – его следует разделять на текущее и перспективное, направленное на комплексное обеспечение всех элементов жизненного цикла изделия; по типу отображения объекта проектирования – на описательное, чертежное, объемное и др. [2].

Для ускорения процесса проектирования необходимо использовать системы автоматизированного проектирования (САПР) с применением ПК, снабженных соответствующим системным и оперативным программным обеспечением, устройствами ввода, переработки и отображения входной и выходной информации, в том числе графической. Предусматривать введение конструктивной унификации и модульной координации размеров и видов изделий, создавать серийные методы проектирования, позволяющие на базе единой исходной конструкции создавать ряд разновидностей изделия [2].

Понятие "конструирование" (от латинского *constructio* – составление, построение) – следует рассматривать как творческий процесс создания нового изделия – детали, блока (сборочной единицы), агрегата (механизма, устройства, машины) из известных, в т.ч. унифицированных элементов и блоков, конечным продуктом которого является чертеж или эскиз изделия.

Понятие "унификация" – (от латинского *unus* – один, *facio* – делаю) может быть использовано без дополнений [2] – относительное сокращение разнообразия исходных элементов по сравнению с разнообразием систем, в которых они применяются. Элементами унификации может быть объект, процесс или их признаки (значения параметров, или описаний качеств), или их совокупности, рассматриваемые при решении задачи, как неделимое целое. Благодаря унификации сокращаются затраты на проектирование, производство и эксплуатацию изделий.

Унифікація конструктивна – приведення конструктивних рішень изделия или его частей и деталей, выполняющих особые конструктивные функции, к технически обоснованному минимуму типов. В процессе унификации соблюдаются принципы конструктивной преемственности, максимального использования стандартных изделий, их частей и деталей, ранее использовавшихся в подобных конструкциях с возможно большим количеством одинаковых базовых и присоединительных элементов и их размеров, обеспечивающих их взаимозаменяемость и применение уже многократно проверенных изделий их частей и деталей. Унификация размеров и формы – приведення размеров изделий, их частей и деталей, выполняющих свои функции, к минимально возможному разнообразию [2].

Унифікація дозволяє на основі загальних конструктивних рішень застосовувати агрегування – метод конструювання изделий на базі застосування уніфікованих і стандартних складових частин шляхом зміни характеру їх з'єдинень і просторового поєднання, в межах заданих умов, що скорочує витрати на проектування, виробництво і експлуатацію изделий і дозволяє застосовувати агрегатний ремонт і модернізацію [2].

Унифікація служить основою стандартизації, однак її застосування для створення перспективних об'єктів техніки майбутнього повинно торкатися лише обмеженої кількості изделий [2].

Для рішення всіх перерахованих завдань повинен широко використовуватися прогресивний досвід проектування, накопленний в передових вузах і проектно-конструкторських організаціях, в т.ч. – по розробці системних методів творчості, включаючи АРИЗ, Метод морфологічного аналізу і др. Слід також урахувати, що, крім функціональних і технологічних факторів, в проектуванні і виробництві повинні бути враховані і інші фактори, в частині – економічні і соціальні, як це запропоновано проф. Половинкиним А.І. [3].

Проведений в роботі [4] аналіз показав, що функціональні і технологічні фактори виробництва технічних систем і їх изделий слід доповнити економічними і соціальними факторами, структура яких в загальному вигляді показана на малюнку 3. При цьому всі комплекси факторів повинні забезпечувати стратегію найвищої економічності на всіх етапах життєвого циклу об'єкта: від проектування і виробництва, до експлуатації, ремонту і утилізації.

Традиційно проблемне проектування і виробництво изделий виконують за наступною схемою: 1) необхідно побачити проблему; 2) суміти проаналізувати ситуацію; 3) знати можливі шляхи рішення проблеми і відомі для цього способи; 4) подолати інерцію мислення при висуненні ідей і пошуку нових рішень.



Рисунок 3 – Система исходных этапов и основных факторов процесса комплексно-ориентированной разработки (КОР) техники и технологий



При этом нахождение нового решения требует достаточно высокого уровня подготовки проектировщика, но и он не гарантирует успеха, т.к. объем работ по анализу известных решений и поиску новых (при условии сохранения высокого качества выполнения разработок) возрастает в машиностроении в среднем в 2-4 раза каждые 8-15 лет. Поэтому решение задачи комплексного функционально-ориентированного проектирования и производства технических объектов без применения системных методов активизации творчества затруднено.

Системные методы поиска новых технических решений, особенно – высокого уровня: функционально-стоимостной анализ (ФСА), алгоритм решения изобретательских задач (АРИЗ), метод морфологического анализа и синтеза и ряд других, облегчают данный процесс и приводят даже к таким решениям, которые парадоксальны с привычной точки зрения.

Поэтому в КОР системный подход нужен уже на этапе постановки проблемы. Затем он должен быть перенесен на этапы проектирования и производства с учетом всего жизненного цикла объекта техники. Следует также учесть, что для успешного решения любой задачи необходима корректная ее постановка, которую облегчает представленная на рисунке 3 схема. Если объект разработки выбран, то постановка задачи заключается в формулировке цели или главной потребности работы. Принято считать, что глобальная постановка задачи вытекает из народнохозяйственных потребностей, а если их не формулируют на уровне государственных и отраслевых программ, то ориентируются на лучшие мировые образцы. Однако в отечественном производстве такой путь чаще всего приводит к повторению чужих разработок без существенного продвижения вперед.

Устранить указанный недостаток могут системные методы поиска технических решений, поскольку позволяют значительно поднять уровень разработок и расширяют сферу их возможностей. При этом рекомендуется применять сочетания из нескольких системных методов, из которых к наиболее сильным можно отнести АРИЗ и морфологический анализ.

Для расширения возможностей этих системных методов на этапе выбора исходных признаков также предложена новая система (рис. 4), предусматривающая поэтапное преобразование задачи до элементарных структур и выполнения над ними действий алгоритмического типа (в т.ч. выделение противоречий и системный поиск путей их устранения). Наиболее полную разработку новой структуры обеспечивает предлагаемая иерархия из 125 признаков, которую следует учитывать на всех этапах проектирования и производства изделий, в рамках: описание объекта < > выполняемые этапы < > набор требований.

В общем виде иерархия описания по элементам разработана впервые и позволяет подробно выделить все исходные, промежуточные и конечные признаки, а в сочетании с другими их характеристиками, используемыми в морфологическом анализе: адекватности, доступности и состоятельности, они обеспечивают полноту составления матрицы возможных решений. Если

все выделенные элементы равноценны по степени допускаемых изменений, начинать анализ следует с базовых, постепенно приближаясь к элементу, напрямую связанному с главным нежелательным эффектом. При поиске идеального технического решения следует учесть внешнюю среду.



Рисунок 4 – Структурная система для анализа факторов в КОР техники

Таким образом, предлагаемый вариант применения элементов АРИЗ в методе морфологического анализа повышает уровень и качество КОР поискового характера при проектировании и производстве любых объектов техники. Это подтверждается его последующим применением авторами для решения конкретных задач в сфере создания и производства режущих

инструментов (получено более 20 патентов Российской Федерации и Украины) и гибких муфт (получено около 10 патентов Украины).

**Выводы.** Совокупность предлагаемых методов перспективна для последующей разработки технических систем и расширяет возможности проектирования и функционально-ориентированного производства.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов А.Н. Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения. – Донецк: ДонНТУ, 2009. – 346 с.

2. Политехнический словарь / Редкол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. – М.: Сов. энциклопедия, 1989. – 656 с.

3. Половинкин А.И. Основы инженерного творчества. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.

4. Михайлов А.Н., Настасенко В.А., Проценко В.А. Развитие принципов функционально-ориентированных технологий в проектировании технических систем: матеріали Республіканської науково-практичної конференції [«Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування»], (5-7 жовтня 2010 р. Херсон). – Херсон: Вид-во ХДМІ, 2010. – С. 66-69.

#### **Михайлов О.М., Настасенко В.О., Проценко В.О. РОЗВИТОК ПРИНЦИПІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНО-ОРІЄНТОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І ВИРОБНИЦТВІ ОБ'ЄКТІВ ТЕХНІКИ**

*На базі аналізу відомих принципів побудови функціонально-орієнтованих технологічних процесів і технічних систем, показано необхідність їх доповнення принципами функціонально-орієнтованого проектування і конструювання, об'єднаних загальною метою – оптимізацією умов експлуатації, ремонту і утилізації виробів, що робить дане завдання комплексним (триєдиним) і повністю замикає цю систему.*

*Ключові слова: функціонально-орієнтовані технологічні процеси, комплексне функціонально-орієнтоване проектування і конструювання, технологічні і соціально-економічні чинники.*

#### **Mikhailov A.N., Nastasenko V.A., Procenko V.A. DEVELOPMENT OF PRINCIPLES OF INFORMATION AND FUNCTIONALLY-ORIENTED TECHNOLOGIES AT PLANNING AND PRODUCTION OF OBJECTS OF TECHNIQUE**

*On the base of analysis of the known principles of construction of the functionally-oriented technological processes and technical systems, a necessity is returned of their addition principles of the functionally-oriented planning and constructing, incorporated a general purpose – optimization of external environments, repair and utilization of wares, that does this task complex (triune) and fully locks this system.*

*Keywords: functionally-oriented technological processes, complex functionally-oriented planning and constructing, technological and socio-economic factors.*